

EXPOSURE DEVICE AND DEVICE MANUFACTURING METHOD USING THE EXPOSURE DEVICE

Patent number: JP2000021716

Publication date: 2000-01-21

Inventor: SAKAI FUMIO

Applicant: CANON KK

Classification:

- **international:** **G03F7/20; G03F7/20;** (IPC1-7): H01L21/027; G03F7/20

- **europaen:** G03F7/20T16

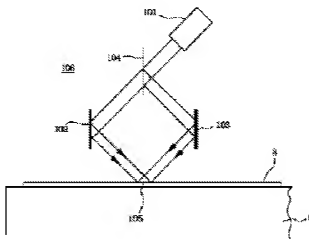
Application number: JP19980184047 19980630

Priority number(s): JP19980184047 19980630

Report a data error here

Abstract of JP2000021716

PROBLEM TO BE SOLVED: To form a fine pattern on a wafer by making a line width control for a transfer pattern by controlling a synchronizing deviation between a masking side and a photo sensitive unit side during a projecting exposure. **SOLUTION:** A deviation of a present position is recognized by a two band beams interference fringes exposure system 108 based upon a detected result which detected an alignment mark on a wafer 8 by using an alignment system and a wafer stage 9 so makes a position alignment of the wafer 8 as a line and space pattern to expose and transfer at a predetermined position of a photo sensitive unit of the wafer 8. After that a scanning projecting exposure for a pattern on a mask is made project and expose to a shot of the wafer 8 by scanning the wafer 8 and the mask to the X direction while controlling a synchronizing deviation of the positioning relation to make controlling of the exposure transfer of a fine line width pattern.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード (参考)
H 0 1 L 21/027		H 0 1 L 21/30	5 0 2 C 5 F 0 4 6
G 0 3 F 7/20	5 2 1	G 0 3 F 7/20	5 2 1
		H 0 1 L 21/30	5 1 4 A
			5 2 8

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平10-184047

(22) 出願日 平成10年6月30日 (1998.6.30)

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72) 発明者 坂井 文夫

東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内

(74) 代理人 100069877

弁理士 丸島 備一

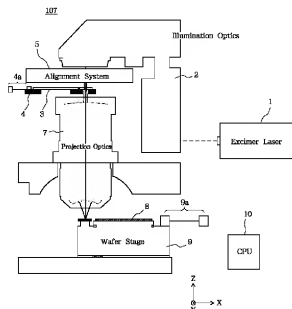
Fターム(参考) 5F046 A02 A05 BA04 BA05 BA08
CA04 DA02

(54) 【発明の名称】 露光装置及びこれを用いたデバイスの製造方法

(57) 【要約】

【課題】 より微細なパターンをウエハに形成することが可能な露光装置及びこれを用いたデバイスの製造方法を提供する。

【解決手段】 マスクパターンを感光体上に露光転写する装置であって、投影露光中のマスク側と感光体側の同期偏差を制御して転写パターンの線幅制御を行う。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 マスクパターンを感光体上に露光転写する装置であって、投影露光中のマスク側と感光体側の同期偏差を制御して転写パターンの線幅制御を行う事の特徴とする露光装置。

【請求項2】 感光体の現像前に複数回のパターン露光を実行する為の装置であって、該複数回のパターン露光のうちの少なくとも1回をマスクパターンを感光体上に露光転写する事で実施し、且つ該露光転写の際のマスク側と感光体側の同期偏差を制御して転写パターンの線幅制御を行う事の特徴とする露光装置。

【請求項3】 マスク上のパターンを感光体上へ縮小投影露光する縮小投影露光系と、感光体上に干渉縞を発生させることで該干渉縞を感光体上に露光する干渉縞露光系と、該縮小投影露光系の露光位置と干渉縞露光系の露光位置との間で感光体を移動させるステージ手段とを有し、前記縮小投影露光系による露光中にマスク側にない感光体側に所望の線幅に応じた振動を発生させる機能を有することを特徴とする露光装置。

【請求項4】 請求項1ないし3の露光装置を用いてパターン露光転写した感光体を現像して得られるパターンを用いて回路形成を行うことを特徴とするデバイスの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、露光装置及びこれを用いたデバイスの製造方法に関し、特に微細な回路パターンを感光基板上に露光する、例えばIC、LSI等の半導体チップ、液晶パネル等の表示素子、磁気ヘッド等の検出素子、CCD等の撮像素子といった各種デバイスの製造に好適に用いられるものである。

【0002】

【従来の技術】従来より、IC、LSI、液晶パネル等のデバイスをフォトリソグラフィ技術を用いて製造する時には、フォトマスク又はレチクル等（以下、「マスク」と記す。）の回路パターンを投影光学系によってフォトレジスト等が塗布されたシリコンウエハ又はガラスプレート等（以下、「ウエハ」と記す。）の感光基板上に投影し、そこに転写する（露光する）投影露光方法及び投影露光装置が使用されている。

【0003】上記デバイスの高集積化に対応して、ウエハに転写するパターンの微細化即ち高解像度化とウエハにおける1チップの面積積化とが要求されており、従ってウエハに対する微細加工技術の中心を成す上記投影露光方法及び投影露光装置においても、現在、0.5 μ m以下の寸法（線幅）の像を広範囲に形成するべく、解像度と露光面積の向上が計られている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、現在主流の上記のエキシマレーザを光源とする投影露光装置

は、0.15 μ m以下のパターンを形成することが困難である。

【0005】投影光学系は、露光（に用いる）波長に起因する光学的な解像度と焦点深度との間のトレードオフによる解像度の限界がある。投影露光装置による解像パターンの解像度Rと焦点深度DOFは、次の(1)式と(2)式の如きレーリーの式によって表される。

【0006】

$$R = k_1 (\lambda / NA) \quad \cdots (1)$$

$$DOF = k_2 (\lambda / NA^2) \quad \cdots (2)$$

【0007】ここで、 λ は露光波長、NAは投影光学系の明るさを表す像側の開口数、 k_1 、 k_2 はウエハの現像プロセス特性等によって決まる定数であり、通常0.5 \sim 0.7程度の値である。この(1)式と(2)式から、解像度Rを小さい値とする高解像度化には開口数NAを大きくする「高NA化」があるが、実際の露光では投影光学系の焦点深度DOFをある程度以上の値にする必要があるため、高NA化をある程度以上進めることは不可能となることと、高解像度化には結局露光波長 λ を小さくする「短波長化」が必要となることが分かる。

【0008】ところが短波長化を進めていくと、投影光学系のレンズの硝材が少なくなってしまう。殆どの硝材の透過率は遠紫外線領域では0に近く、特別な製造方法を用いて露光装置用（露光波長約248nm）に製造された硝材として熔融石英が現存するが、この熔融石英の透過率は波長193nm以下の露光波長に対しては急激に低下するし、0.15 μ m以下の微細パターンに対応する露光波長150nm以下の領域では実用的な硝材の開発は非常に困難である。

【0009】このように従来の投影露光装置では、ウエハに0.15 μ m以下のパターンを形成することができなかった。

【0010】本発明の目的は、より微細なパターンをウエハに形成することが可能な露光装置及びこれを用いたデバイスの製造方法を提供することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】上述目的を達成する為の第1発明は、マスクパターンを感光体上に露光転写する装置であって、投影露光中のマスク側と感光体側の同期偏差を制御して転写パターンの線幅制御を行う事の特徴とする露光装置である。

【0012】上述目的を達成する為の第2発明は、感光体の現像前に複数回のパターン露光を実行する為の装置であって、該複数回のパターン露光のうちの少なくとも1回をマスクパターンを感光体上に露光転写する事で実施し、且つ該露光転写の際のマスク側と感光体側の同期偏差を制御して転写パターンの線幅制御を行う事の特徴とする露光装置である。

【0013】上述目的を達成する為の第3発明は、マスク上のパターンを感光体上へ縮小投影露光する縮小投影

露光系と、感光体上に干渉縞を発生させることで該干渉縞を感光体上に露光する干渉露光系と、該縮小投影露光系の露光位置と干渉露光系の露光位置との間で感光体を移動させるステージ手段とを有し、前記縮小投影露光系による露光中にマスク側ないし感光体側に所望の線幅に応じた振動を発生させる機能を有することを特徴とする露光装置である。

【0014】上述目的を達成する為の第4発明は、上述いずれかの露光装置を用いてパターン露光転写した感光体を現像して得られるパターンを用いて回路形成を行うことを特徴とするデバイスの製造方法である。

【0015】

【発明の実施の形態】以下、図1乃至図9を用いて本発明の第一実施形態の露光装置を説明する。

【0016】図1は本実施形態の露光装置を示す全体概略図である。図1において、107は縮小投影露光系で、108は二光束干渉露光系である。8はウエハ、9はXYZステージであるウエハステージである。ウエハ8はウエハステージ9によって縮小投影露光系と二光束干渉露光系との露光光束を移動可能で、且つ後述するようにウエハ8の位置決めにも用いられる。更にウエハステージ9は後述するようにレーザ干渉系によってその位置が正確に制御されている。

【0017】図2は二光束干渉露光系108の構成概略図である。図2のように、レーザ等の可干渉光源101からの光をビームスプリッタ104で二分し、ミラー102、103で反射させて、基板8上で交差させる。この時、二光束の交差領域105には、両光束の入射角度を θ 、可干渉光源の波長を λ とした時、形成される干渉縞すなわちラインアンドスペースパターンのピッチPは、

$$P = \lambda / (2 \sin \theta)$$

と表せる。例えば、可干渉光源として $\lambda = 325 \text{ nm}$ のHe-Cdレーザ、入射角 $\theta = 60^\circ$ 度とすると、 $P = 0.188 \mu\text{m}$ （ラインアンドスペースで $0.1 \mu\text{m}$ 以下）のラインアンドスペースパターンを作製することが可能である。

【0018】二光束干渉露光系108においては、不図示のアライメント系を用いてウエハ8上のアライメントマークを検出した検出結果に基づいて現在位置のずれを確認し、ウエハステージ9は以後この結果とレーザ干渉系の計測に基づき、ラインアンドスペースパターンがウエハ8の感光体の所定位置に露光転写されるようにウエハ8を位置決めする。

【0019】図3は縮小投影露光系107の構成概略図である。1はKrF又はArFのエキシマレーザ、2は照明光学系、3はマスク（レチクル）、4はマスクステージ、5はアライメント系、7はマスク3の回路パターンをウエハ8上に縮小投影する投影光学系、9は前述したウエハステージであり、このステージ9は、投影光学系7の光軸に直交する平面及びこの光軸方向に移動可能

である。マスクステージ4及びウエハステージ9は、それぞれレーザ干渉計4a、9aを用いてそのXY方向の位置が正確に制御される。10はアライメント系5、レーザ干渉計4a、9a等からの信号を受け、エキシマレーザ1の発光制御、マスクステージ4、ウエハステージ9の位置決め制御等を実行させ且つ二光束干渉露光系の制御も司る装置全体コントロール用のCPUである。

【0020】アライメント系5はマスクステージ4上の位置合わせマークを検出し、且つステージ4に設けられた孔と投影光学系7を介してウエハステージ9上の位置合わせマークを検出し、相互の位置合わせを実行する。

【0021】マスク3を保持したマスクステージ4とウエハ8を保持したウエハステージ9は、図に示す配置にてアライメント系5にその位置が正確に位置合わせされ、その後、レーザ干渉計4a、9aの計測を頼りにマスク3とウエハ8上の第1ショット位置が露光位置に送り込まれ、マスク3とウエハ8とを互いの位置関係の同期を取りながらX方向（→X方向）に走査してマスク3上のパターンをウエハ8上の第1ショットへ走査投影露光され、順次する。これによってマスク3上の全パターンが各々のショットへ露光転写される。

【0022】尚、本装置においては、図示しないが投影光学系7を介さずにウエハ8の位置を検出するオフアクシスの位置合わせ光学系や、マスクステージ4上のマスク3の位置を検出するマスク位置合わせ光学系も存在する。またこのオフアクシスの位置合わせ光学系の代わりに、投影光学系7を介してウエハ8上の位置合わせマークを観察し、その位置を検出するTTLの位置合わせ光学系や、投影光学系7とマスク3とを介してウエハ8上の位置合わせマークを観察し、その位置を検出するTTRの位置合わせ光学系も使用できる。が、これらはよく知られているものであるため簡略化のため図示、説明を省略する。

【0023】マスクの露光位置とウエハの被露光位置とを完全に対応させながら両者をX方向（→X方向）に走査して露光を行うことにより、マスク3のパターン線幅と投影光学系の縮小投影倍率とで決定される線幅のパターンがウエハ8の感光体上に投影され、これが現像されて所望のレジストパターンが得られることになる。しかしながら単に両者の単純走査では得られる線幅は、前述のように投影光学系の材質によって下限の決定された波長によって限界が生じる。そこで本装置では以下のような原理に基づき更なる微細線幅パターンの露光転写を実現している。

【0024】図4は本装置における露光手順のフローチャートである。図4には二光束干渉露光ステップ、縮小投影露光ステップ、現像ステップの各ブロックとその流れが示してあるが、二光束干渉露光ステップと縮小投影露光ステップの順序は、図4の逆でも良いし、どちらか

一方のステップが複数回の露光段階を含む場合は各ステップを交互に行うことも可能である。また、各露光ステップ間には精密な位置合わせを行なうステップ等があるが、ここでは図示を略した。

【0025】図4のフローに従って露光を行なう場合、まず二光束干渉露光によりウエハ（感光基板）を図5上側に示すような周期的パターン（干渉縞）で露光する。図5上側のパターンの下に示した数字は各領域からの光による感光体（レジスト）の露光量を表しており、図5の斜線部は露光量1（実際は任意）で白色部は露光量0（即ち遮光パターン）である。

【0026】本実施形態においては、図5の下側に示す通り、二光束干渉露光での最大露光量とした時、感光基板のレジストの露光しきい値 E_{th} を1よりも大きく設定してある。そして二光束干渉露光のみでは一見消失する高解像度の露光パターンを縮小投影露光系107の投影露光による露光パターンと融合して、所望の領域のみ選択的にレジストの露光しきい値以上積算露光し、最終的に所望のリソグラフィパターンを形成できる。

【0027】図6に示した図に以下これを説明する。図6（A）は縮小投影露光系107の投影露光による露光パターンとそれによる露光量を説明するものである。

【0028】図6（A）の露光パターンを作る投影露光を、図6で説明したパターン露光を行った二光束干渉露光の後に、現像工程なしで、同一レジストの同一領域に重ねて行ったとすると、このレジストの合計の露光量分布は図6（B）の下部のグラフのようになる。ここでは二光束干渉露光の露光量 E_1 と投影露光の露光量 E_2 とレジストの露光しきい値 E_{th} との関係が、レジストの露光しきい値 E_{th} が露光量 E_1 （＝1）と露光量 E_2 と投影露光の露光量 E_2 の和（＝2）の間になるように設定されている為、図6（B）の上部に示したリソグラフィパターンPが形成される。図7（B）の上部に示す孤立線パターンは、解像度が二光束干渉露光並みの高解像度に匹敵するものであり且つ周期的パターンではない。従って通常の投影露光で実現できる解像度以上の高解像度の任意パターンが得られたことになる。

【0029】その他のパターン部分については、例えばマスクの透過率調整や異なるパターンによる複数回縮小投影露光等で、最終的にその部分がしきい値を超える露光量で照明されるようにしてやることで、任意の形成が可能となる。

【0030】以上箇条に説明した二光束干渉露光と縮小投影露光の夫々による露光量分布（絶対値及び分布）と感光基板のレジストのしきい値の調整を所望のパターンに応じて適宜行うことにより、多種のパターンの組み合わせより成り且つ最小線幅が二光束干渉露光の解像度となる回路パターンを形成することができる。

【0031】以上の露光方法の原理をまとめると、

（1）投影露光をしないパターン領域即ちレジストの露

光しきい値以下の二光束干渉露光パターンは現像により消失する。

（2）レジストの露光しきい値以下の露光量で行った投影露光のパターン領域に関しては、投影露光と二光束干渉露光のパターンの組み合わせにより決まる二光束干渉露光の解像度を持つ露光パターンが形成される。

（3）露光しきい値以上の露光量で行った投影露光のパターン領域は投影露光のみの場合と同様に（マスクに対応する）任意のパターンを形成する。ということになる。更に露光方法の利点として、最も解像力の高い二光束干渉露光の部分では、縮小投影露光に比してはるかに大きい焦点深度が得られることが挙げられる。

【0032】以上の説明では二光束干渉露光と投影露光の順番は二光束干渉露光を先としたが、前述したように、この順番に限定されるものではなく、逆を行っても良い。

【0033】本実施形態においては、縮小投影露光について更なる工夫を行ったものである。これを以下に説明する。

【0034】図7は投影露光においてマスクとウエハとの同期が完全でない場合、例えばマスクないしウエハが走査中に振動を起こす場合のその振動による位置誤差の偏差（同期偏差）と、それによる露光パターン像のコントラストの低下の関係を示したグラフである。このように像のコントラストは同期偏差によって変化する。コントラストの低下はレジストのしきい値との関係で、パターンの外側部分のしきい値を超える露光領域の増減を発生させ、結果最終的なパターン線幅が変化するようになる。

【0035】そこで、本実施形態では逆に走査投影露光中に意図的に振動を加え、所定の同期偏差を発生させることによって、露光パターンコントラストを制御し、最終的に得られる現像パターン線幅を変化させる。例えば図8に示すように、図6で示したのと同様なパターンの投影像のコントラストを図8（A）の下側に示すようにコントラストを低下させれば、積算露光量が図8（B）の下側で示すように変化し、レジストの露光しきい値との関係で、最終的な現像パターンの線幅が、図8（B）の上側に示すように図6のものに比べて変化する。

【0036】本装置は、あらかじめ図7に示すパターンコントラストと同期偏差の関係および走査露光中の各位置での露光量情報を基に、所望のパターン線幅に応じて露光中どの程度の同期偏差を起こすかを決めておき、走査中にこの決定された同期偏差を発生させることで、パターン線幅の制御を行っている。この場合、同じ同期偏差でもコントラスト変化の影響は線幅が小さい方が効きがはるかに大きい為、実際に制御するのは線幅のより小さいものである。

【0037】具体的には、図9に示すように同期偏差は

露光中の振動の振幅と周波数に依存するので、図3で示した縮小投影露光系107のレチクルステージ4ないしウェハステージ9を走査露光中に、所望の線幅に対応した同期偏差を起こさせる周波数及び振幅で振動させることになる。あらかじめどの位置でどの振幅、周波数、及び露光量にするのかは、装置全体を制御するCPU10の側の記憶部に記憶されている。

【0038】この場合、質量的に小さい側のレチクルステージ4を振動させる構成とした方が制御が容易であるが、振幅が投影光学系7の縮小倍率分だけ小さくなるので、振幅を大きくすることが前提であればウェハステージ9を振動させる構成とする。両方の機能を持ち、どちらかを選択可能な構成としても良い。

【0039】本装置では走査露光を行うため、露光中X方向に関しては基本的にステージ4、9を定速走行させる速度サーボ制御を行う。そこで、X方向に関しては、一方のステージの速度サーボ制御の目標値に例えば正弦波状の高周波変動値を加味しておくことで、所望の振幅、周波数の振動、即ち所望の同期偏差を発生させる。一方Y方向に関しては目標位置を例えば正弦波状に変化させることによって、所望の振動を起こす位置制御を行えばよい。これによりXYいずれの方向のパターンであっても線幅制御が可能である。又、XY各方向に一致しない方向のパターンの速度サーボ制御したい場合は、そのパターン方向に応じてXYそれぞれの振動の割合を決定して振動させる。

【0040】このように、投影露光中に特定の同期偏差を意図的に起こさせることによって、特に（前述した二光束干渉縮露光と縮小投影露光の二重露光を行った部分等）より小さな線幅のパターンに対して所望の線幅のパターン制御が実行できる。又、このような同期偏差の発生は、ウェハの露光ショット内での線幅の均一性を向上できる。これは、二光束干渉縮露光による微細パターンと、縮小投影露光の重ね合わせにおいては、両者の線幅ずれがそのまま線幅コントロールの誤差となる為、より望ましい。

【0041】尚、縮小投影露光系107としては、ステップアンドリピート方式の露光装置（ステッパ）であってもよい。この場合露光中のステージの定速走行はないので、同期偏差は一方のステージのXY両方向における例えば正弦波状の目標値の位置制御によって発生させることになる。

【0042】以上説明した露光装置を用いてIC、LSI等の半導体チップ、液晶パネル等の表示素子、磁気ヘッド等の検出素子、CCD等の撮像素子といった各種デバイスの製造が可能である。具体的には、上述のように

して露光されたレジストを現像し、得られたパターンを用いてエッチング、蒸着、洗浄等の処理を行い、このような処理とレジスト塗布及び上記の露光処理を何度か実施することで、ウェハ上に所望の回路を形成し、LSI等のデバイスが製造される。上述した露光工程以外のこのようなデバイス製造のための処理には、良く知られた手法を用いれば良いので、ここでは詳述しない。

【0043】二光束干渉露光および通常露光の各ステップでの露光回数や露光量の段数は適宜選択することが可能であり、更に露光の重ね合わせもずらして行う等適宜調整することが可能である。このような調整を行うことで形成可能な回路パターンにバリエーションが増える。

【0044】

【発明の効果】以上本発明によれば、例えば0.15μm以下の微細な線幅を有する複雑なパターンを線幅を制御しながら得ることが可能となる。これを利用してより高集積化されたデバイスの製造が実現される。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態の露光装置の全体概略図。

【図2】本発明の第1実施形態の露光装置の二光束干渉縮露光系の構成概略図。

【図3】本発明の第1実施形態の露光装置の縮小投影露光系の構成概略図。

【図4】本発明の第1実施形態の露光手順のフローチャート。

【図5】本発明の第1実施形態の二光束干渉露光による露光パターンを示す説明図。

【図6】二光束干渉露光と縮小投影露光の二重露光による露光パターンを示す説明図。

【図7】ステージの同期偏差とパターンのコントラスト低下の関係の説明図。

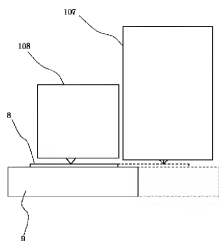
【図8】本発明の第1実施形態において形成できる露光パターン（リソグラフィパターン）の一例。

【図9】本発明の第1実施形態における同期偏差の説明図。

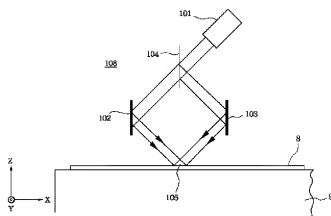
【符号の説明】

- 1 エキシマレーザ
- 2 照明光学系
- 3 マスク（レチクル）
- 4 マスク（レチクル）ステージ
- 5 アライメント系
- 7 投影光学系
- 8 ウェハ
- 9 XYZステージ
- 10 CPU

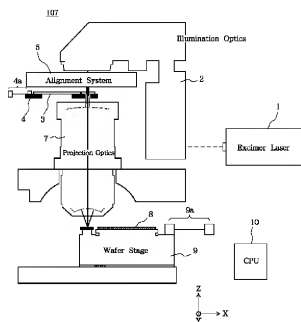
【図1】



【図2】



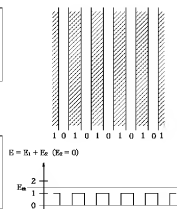
【図3】



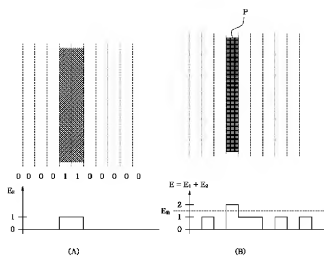
【図4】



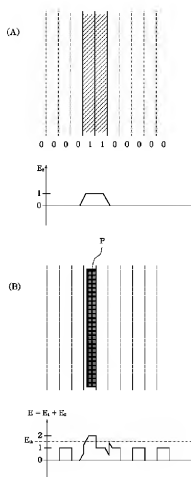
【図5】



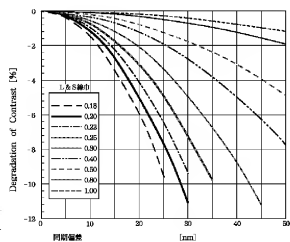
【図 6】



【図 8】



【図 7】



【図 9】

